

III-18 応力状態の変化にともなうせいの性材料の変形定数の変化

中日本建設コンサルタント 正会員 ○富田和政

名古屋大学工学部土木科 正会員 秋本昌胤

名古屋大学工学部土木科 正会員 川本朋万

1. まえがき

せいの性材料の変形定数と応力状態の関係を理解するために、次の3点に注目した実験的研究が行なわれた。

- (1) 変形定数は応力状態の変化にともないどのように変化するか。
- (2) 変形定数と載荷経路の関係。
- (3) 応力状態の変化にともなうせいの性材料の異方性化。

2. 実験方法

以上の問題を明らかにするために、モルタルの立方供試体(108 mm x 108 mm x 108 mm)が軸対称三軸圧縮載荷方法で載荷実験された。モルタルの配合比ならびに作製方法はJIS R 5201(セメントの強さ試験)にしたがった。三軸圧縮試験の概要は論文報告第175号に示したので、省略する。供試体のひずみは供試体内に埋込んだ3個のモールドゲージ(ゲージ長40 mm)によって測定された。また、供試体と圧板との間の摩擦係数を小さくするために、シリコングリスを塗付したテフロンシートが使用された。

本実験で行なった軸対称三軸圧縮載荷方法は次の3種で、次のように仮称し、C-1, C-2, C-3で表わす。C-1: 測圧一定載荷 C-2: 平均応力一定載荷 C-3: 比例載荷

各方法の載荷経路を示したものが図-1で、図中に示すPおよびqは平均応力成分と偏差応力成分を示し、 $P = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$, $q = \sigma_1 - \sigma_3$ で定義される。各載荷方法での、主応力間の関係を示すと次のようになる。C-1の場合、 $\sigma_3 = \text{CONSTANT}$ であるから $d\sigma_3 = 0$, C-2の場合、 $P = \text{CONSTANT}$ であるから $d\sigma_1 = -2d\sigma_3$, そして、C-3の場合、 $k = d\sigma_1/d\sigma_3 = \text{CONSTANT}$ である。

3. 軸対称三軸圧縮下における応力-ひずみ関係

軸方向と横方向との間に異方性があるとすると、4個の変形定数が必要となる。いま、軸方向荷重による弾性係数とポアソン比を E_1 , ν_1 とし、横方向に対するそれらを E_2 , ν_2 とする。

連続体の微小部分でのひずみ増分と応力増分の関係は次のようになる。

$$d\varepsilon_1 = d\sigma_1/E_1 - 2\nu_2 d\sigma_3/E_2 \quad (1)$$

$$d\varepsilon_3 = (1-\nu_2)d\sigma_3/E_2 - \nu_1 d\sigma_1/E_1 \quad (2)$$

式(1), (2)を②で述べた、主応力間の関係式

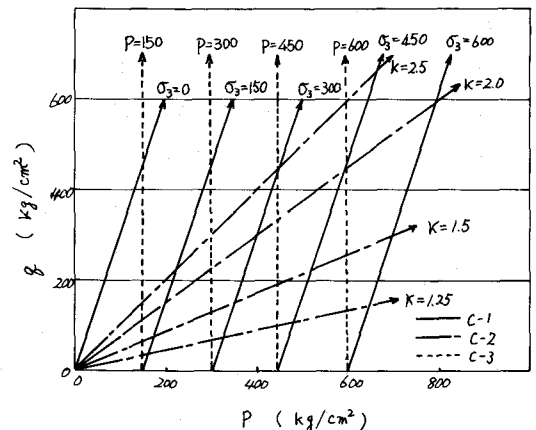


図-1 載荷経路

を用いて変形すると次式がえられる。

$$E = d\sigma_i / d\varepsilon_i \quad (3)$$

$$E_1 = (1 + \nu_3) d\sigma_i / d\varepsilon_i \quad (4)$$

$$E_2 = (1 - 2\nu_3/\varepsilon) d\sigma_i / d\varepsilon_i \quad (5)$$

$$E_3 = (((1 - \nu_3)/2) - \nu_1) d\sigma_i / d\varepsilon_3 \quad (6)$$

$$E_3 = (((1 - \nu_3)/\varepsilon) - \nu_1) d\sigma_i / d\varepsilon_3 \quad (7)$$

$d\sigma_i / d\varepsilon_i$, $d\sigma_i / d\varepsilon_3$ は測定値, ε は既知定数であるから, 載荷経路と変形定数が無関係であれば, 上式で E_1 , E_2 , ν_1 , ν_3 を求めることができる。

4. 実験結果とその考察

C-1で載荷されたときの軸方向弾性係数(式-(3)で計算)と応力状態との関係が図-2に示されている。図から明らかなことは軸方向弾性係数の大きさは偏差応力のレベルが小さければ, 平均応力の大きさに関係なく, ほとんど一定であること, そして, 偏差応力のレベルが大きくなると, 平均応力のレベル^によって異なることである。また, 平均応力が450~600 kg/cm²のとき偏差応力の増加に対する軸方向弾性係数の変化は他の平均応力の場合とは異なっている。このことは, ある応力状態に達すると, ぜい性材料の変形定数は急激に変化することを示している。

図-3にC-1でもとの軸方向弾性係数とC-2とC-3が交差する点, すなわち応力状態(図-1参照)でもとの軸方向弾性係数(式-(4), (5)で計算)が比較されている。図から明かなように, 異なった載荷経路に対する軸方向弾性係数は, 実験範囲内の応力状態では, ほぼ一致しており, すくなくとも, 低応力状態では応力とひずみは1対1の対応をもち, 変形定数は載荷経路に影響されないことがわかる。このような結果は, 異なった載荷経路に対する式-(3)から式-(7)の関係式で, 三次元的に載荷されたときの変形定数をもとめることができることを示している。

図-4は異方性の発生状況を E_3 と E_1 の比で示すものである。これらの値は, 1との差が大であるほど, 異方性化が著大であることを示す。図-4は, 低応力下では異方性化は余り生じないが, 高応力下では異方性化することを示している。

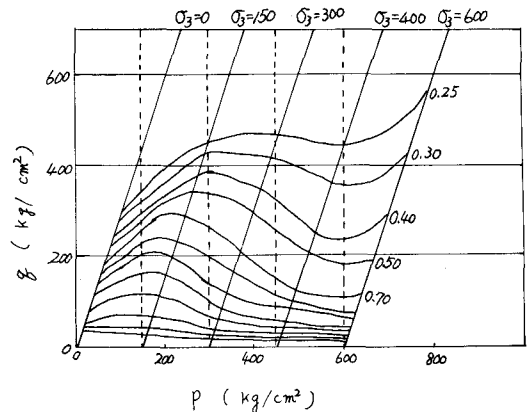


図-2 軸方向弾性係数の変化状況

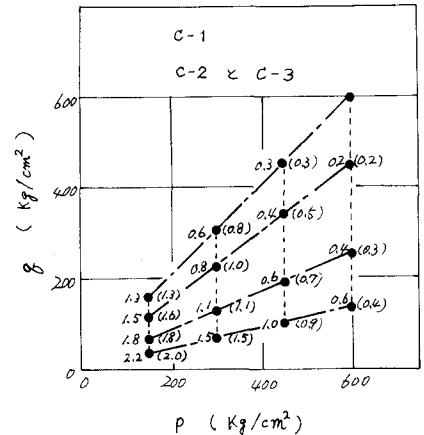


図-3 異なった載荷経路でもとの軸方向弾性係数の比較

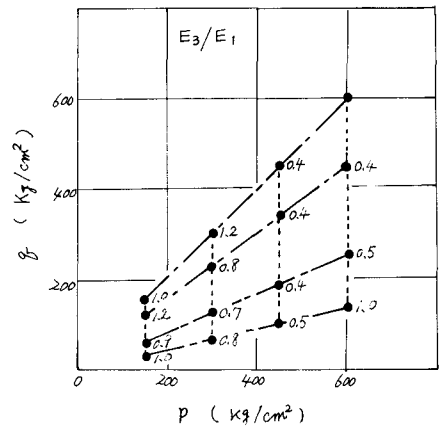


図-4 横方向弾性係数と軸方向弾性係数の比